

## La tortilla: riqueza de un alimento ancestral

Posted By [Avance y Perspectiva](#) On @ In [Uncategorized](#) | [No Comments](#)

[1]



### Ciencia básica y aplicada para modernizar su producción

Fernando Martínez Bustos y Feliciano Sánchez Sinencio / Profesores de la Unidad Querétaro y del Departamento de Física, respectivamente |

Los mayas vivieron en una civilización que desarrolló una cultura que floreció en el periodo clásico, sobrevivieron seis veces más tiempo que el imperio romano y construyeron más ciudades que los antiguos egipcios, destacando como alimento preponderante el maíz, principalmente en forma de tortillas. Nuestros ancestros mayas creían que todo ser humano estaba hecho de maíz y esta creencia, quedó grabada en el *Popol Vuh*, el libro más sagrado para ellos y rendían tributo a "Chicomecoátl", la gran Diosa del Maíz.

En 1520, Hernán Cortés relata al rey de España, acerca de las grandes plazas públicas en donde se compraba y vendía un pan plano de maíz (tortilla). En 1529, el fraile franciscano Bernardino de Sahagún, describió cómo la dieta de los aztecas estaba basada en maíz, tortillas y tamales (Figura 1).

Hasta finales del siglo XIX, la principal actividad doméstica era la de preparar tortillas (Figura 2). En el año de 1810, cerca del 70% de la población se alimentaba únicamente de tortillas de maíz. En el periodo de 1800 a 1810, en lo que entonces era la Nueva España, el consumo de maíz por habitante era de 133 kilos al año, lo que equivale a la cantidad de maíz necesario para producir 6 mil 650 tortillas, destacando su importancia como alimento básico (Figura 3). Para el año de 1907, tres años antes del movimiento revolucionario de 1910, el consumo de maíz aumentó sólo diez kilos en comparación con el consumo de 1810 que era de 144.3 kilos por persona al año, el maíz que se requiere para elaborar 7 mil 215 tortillas (Bicentenario de la Independencia, 2010).

Durante el levantamiento de 1910, las soldaderas o "Adelitas" mantuvieron viva y fecunda la Revolución Mexicana, movimiento que sin ellas no hubiera existido; siempre en campaña, junto a sus hombres encarabinados y terciados de carrilleras, cargando sus ollas, sus tortillas y frijoles. (Figura 4).

Cuando les negaban el maíz y frijol, robaban las gallinas y reventaban algún costal de maíz. Cargaban su metate y usaban la mano del instrumento como arma de defensa. La gente les tenía miedo por bragadas, por fuertes, estaban decididas a todo (Poniatowska, 2006).

### Importancia socioeconómica de la tortilla

Para nuestro país, la tortilla de maíz ha significado moneda, religión, cultura y sustento. Símbolo de identidad que permea todas las clases sociales, la tortilla es un referente cultural y además, la base de la alimentación del mexicano, por lo que se considera "alimento, tradición, cultura y estabilidad alimentaria".

Actualmente nuestros indígenas todavía usan este ancestral proceso y mantienen vivas muchas de las creencias de los antiguos mayas. "Chaac", el dios de la lluvia y también de la fertilidad, ha sido benévolo y los campos están cubiertos de un enorme arco iris de maíces criollos blancos, amarillos, azules, rojos. El país mismo, es una enorme mazorca, estamos hechos de maíz. Sin duda el maíz es y ha sido, el alimento más importante y representativo de nuestra cultura, cuyo material genético se encuentra diseminado a nivel mundial como ya ocurre con su principal uso alimenticio que es la tortilla.

Las herramientas usadas en la preparación de tortillas, como los metates, acompañaban a sus dueños hasta la tumba. La importancia de la tortilla en la alimentación de los mexicanos se evidencia por estar presente en la alimentación del 80% de los hogares. Este alimento que se constituye en el principal o, en algunos casos, el único en zonas marginadas, proporciona a la dieta diaria de la población de México, aproximadamente el 38-40% de las proteínas, 45-46% de las calorías y un aporte de calcio aproximado del 49%.

En México anualmente se consumen aproximadamente 12 millones de toneladas de tortillas: vía harina nixtamalizada (22.83%), masa (40.40%) y autoconsumo (36.77%). Existen aproximadamente 63 mil 459 establecimientos integrados a la molienda de nixtamal y producción de tortilla, 48% de molinos, 28% de molinos/tortillerías y 24% de tortillerías. En conjunto, la cadena maíz-tortilla representa por sí sola el 1% del Producto Interno Bruto (PIB), con una derrama económica de 69 mil millones de pesos al año. Esto involucra a 2.2 millones de campesinos y agricultores y genera 225 empleos directos.

### **Importancia agroalimentaria del maíz y la tortilla**

La importancia de la tortilla se refleja en la alimentación de muchos indígenas, basada en el consumo de tortillas, frijoles y chile. En las más importantes festividades tradicionales no pueden faltar las tortillas en diversas presentaciones. En las fiestas de aniversario de la Revolución, el país se viste de colores debido a la diversidad de tortillas elaboradas con maíces criollos que representan una de las más importantes riquezas genéticas del país (Figura 5). (SEGOB, 1992).

### **La tortilla, legado de un alimento milenario**

De generación en generación, hasta nuestros días, se ha transmitido el conocimiento de nixtamalización. Esta palabra, derivada del náhuatl "nixtli", significa cenizas o cal; en tanto que "tamalli", significa masa de maíz, por lo que el tratamiento es un cocimiento alcalino de los granos de maíz en agua con cal, generalmente usando leña o carbón como combustible.

A nivel artesanal, el proceso de nixtamalización es llevado a cabo siguiendo las mismas etapas del proceso ancestral: se usan ollas de barro, maíz, cal y agua caliente, sin alcanzar la ebullición y posteriormente dejándolos en reposo toda la noche, hasta que se extinguen las brasas de leña o carbón.

En algunos casos, el tiempo de cocimiento varía de acuerdo a la dureza del maíz, detectada a partir de una prueba subjetiva denominada la prueba del diente, que permite verificar el cocimiento del nixtamal; o mediante otra, sustentada en el desprendimiento del pericarpio al frotar el nixtamal con los dedos. Posteriormente, el nixtamal es lavado con agua y separado el "nexayote" (agua de cocimiento), aunque algunas amas de casa usan poca cal y no lavan el nixtamal o grano de maíz nixtamalizado.

El nixtamal es molido con el uso de un metate de piedra volcánica, presionando la masa con los dedos hasta cerrar el puño para evaluar su correa; posteriormente, se torea la masa para preparar los "teztales" en forma de discos de diámetro y espesor variable. Luego, la tortilla se cuece sobre un comal de barro alcalinizado, calentado con leña o carbón como combustible. La tortilla se calienta y se voltea de dos a tres veces hasta que infle, debido al vapor interno atrapado entre ambas capas externas. El producto resultante era llamado "tlaxcalli" por los aztecas y posteriormente fue nombrado tortilla por los españoles. Las tortillas, una vez que van saliendo del comal, se colocan dentro de una canasta hecha con fibras secas del tallo de la planta del maíz, conocidas como "tazcal".

### **Situación actual del proceso de nixtamalización y elaboración de tortillas**

En años recientes, los molinos de nixtamal se han ubicado como parte importante en la molienda del nixtamal para la obtención de masa y venta de tortillas calientes. Una de las características de estos establecimientos, es la gran dependencia de la calidad de la masa y/o de las tortillas, y de la experiencia de los operadores. Estos molinos/tortillerías usan básicamente el mismo proceso ancestral, a través de calderas para el cocimiento alcalino del maíz.

Se separa el líquido de cocimiento, se lava el nixtamal con agua y se transporta en una banda hacia los molinos de piedras volcánicas donde se obtiene la masa. El cocimiento de las tortillas se realiza en un sistema de bandas transportadoras calentadas con gas. De esta manera, las capas de las tortillas adquieren la misma superficie áspera de las bandas transportadoras calientes, debido al mecanismo de difusión térmica utilizado durante la operación de cocimiento.

Estos equipos muestran la importante desventaja de no conservar la humedad en la tortilla, que se reseca rápidamente y existe una pobre transferencia de energía térmica entre la banda transportadora caliente y el producto, lo que da como resultado una productividad limitada. La baja conductividad térmica de la masa y la cantidad de energía térmica perdida en el cocimiento para calentar las bandas transportadoras, hace estos procesos lentos e ineficientes, además de generar contaminación al medio ambiente.

También la experiencia de estos operadores se refleja en el tacto; colocan sobre el rostro o sobre los brazos una tortilla, para identificar su calidad (conductividad térmica) o doblan la tortilla para formar un taco y evaluar su correa. Las harinas nixtamalizadas de maíz para preparar tortillas y derivados, son elaboradas mediante el cocimiento alcalino del grano empleando el proceso tradicional escalado y automatizado. La masa fresca obtenida es deshidratada, molida y cribada, para obtener un producto con

un adecuado color y olor, pH, tamaño medio de partícula.

Las plantas de harina nixtamalizada operan en los Estados Unidos, México, Centroamérica, Europa, Asia y Australia, y se exportan a aproximadamente 70 países alrededor del mundo. Este proceso presenta desventajas de costos, espacios y producción de efluentes (líquido de cocimiento que contiene de 5 a 14% de sólidos solubles). El incremento de costos, carencia de olor, sabor y textura inherentes al maíz nixtamalizado por el uso de aditivos y conservadores, son las principales desventajas de productos preparados de harinas nixtamalizadas.

Las tortillas preparadas con harinas nixtamalizadas son frágiles y pálidas, y se deshidratan rápidamente, quebrándose en la parte central. Aunado a estos factores, en algunos casos se llevan a cabo determinaciones subjetivas y métodos empíricos durante cada etapa del proceso, que afectan la calidad del producto final. Todos estos factores son de importancia económica y comercial para la industria de la tortilla.

La mayoría de las industrias alimenticias han sufrido transformaciones científicas y tecnológicas que les han permitido imponer normas de eficiencia y de calidad, acordes con las transformaciones globales de desarrollo y competitividad de los mercados internos y externos. Las industrias de las harinas de maíz nixtamalizado no han experimentado cambios sustanciales, carecen de procesos ecológicos que produzcan tortillas por lo menos de calidad comparable a los procesos tradicionales y, probablemente, en corto tiempo tendremos que importar tecnología sobre la tortilla si no realizamos un trabajo sostenido en cuanto a investigación y tecnología en algo tan nuestro como la tortilla.

Desde hace aproximadamente 16 años, se conformó un equipo multidisciplinario en el Cinvestav, con el objetivo de identificar y entender los principales factores críticos de este proceso milenario que involucra ciencia básica y aplicada, y que no nos ha permitido alcanzar desarrollos tecnológicos importantes; dichos desarrollos son resumidos en este trabajo.

### **Conocimientos generados en ciencia básica**

La espectroscopia por dispersión de la energía de rayos-X de los granos de maíz, antes y después de su nixtamalización, mostró que el  $\text{Ca}^{++}$  es incorporado al grano a través del germen, pericarpio y endospermo (Figura 7), principalmente en las primeras cuatro horas y media de reposo después de la nixtamalización.

Los estudios de absorción atómica indicaron que la absorción de calcio ocurre primero en el pericarpio y más lentamente en el endospermo y germen. Los contenidos de calcio después del cocimiento alcalino, variaron de 1.013 a 1.230% en el pericarpio, de 0.0065 a 0.0075 en el germen y de 0.026 a 0.05% en el endospermo (Martínez Bustos y Vázquez-Durán 2004).

En el pericarpio y en el germen, el  $\text{Ca}^{++}$  se encuentra como sales de ácidos grasos debido a la saponificación de las grasas durante el cocimiento alcalino. La composición de ácidos grasos encontrada en el germen del grano sin y con nixtamalización, mostró que en el maíz nixtamalizado se presentan reducciones en los ácidos mirístico, palmítico, esteárico, oleico y araquídico. Durante la nixtamalización, fracciones de hemicelulosa y lignina contenidas en el pericarpio, se solubilizan y son retiradas en el líquido de cocción (nexayote) (Martínez-Bustos y col. 2001).

### **Efecto de los componentes del grano de maíz en la calidad de la masa y la tortilla**

En esta investigación fue observado que en el grano cocido con cal, el agua se difundió más rápidamente con relación a los granos cocidos sin cal. El papel de la cal es muy importante en la difusión y distribución del agua, a través de los componentes del grano durante la nixtamalización y también, son importantes sus aportes como nutriente, impartición de color, sabor y olor inherente al maíz nixtamalizado en la tortilla.

Durante este proceso, los componentes son hidratados y el pericarpio adquiere una textura gomosa, debido a la liberación de las gomas naturalmente presentes en el pericarpio. Fue constatado en este trabajo, que el pericarpio no sólo debe estar hidratado sino también apropiadamente hidrolizado, evitando el lavado excesivo de los granos nixtamalizados que implica la remoción de las gomas naturales que confieren la correa a la masa.

La presencia del germen nixtamalizado permite una masa más manejable y menos susceptible a la falta de cohesión y adhesividad. La influencia de la cal sobre las propiedades térmicas de maíces nixtamalizados, fue estudiada usando técnicas de rayos-X, calorimetría diferencial de barrido y microscopía electrónica.

Estos resultados indican que el  $\text{Ca}^{++}$ , favorece el cruzamiento de las cadenas poliméricas, contribuyendo

a una mejor conducción del calor, de degradación estructural, de transiciones de fase, de saponificación de grasas, de hidratación del almidón, de transporte de masa, de difusión de calor y de reología de las masas (Martínez-Bustos y col. 2001).

### **Encapsulamiento de hierro y ácido fólico en matrices de almidones modificados, como materiales de pared para su adición a tortillas**

Existe una fuerte carencia de hierro y ácido fólico en diversos sectores de la población, principalmente en niños menores de cinco años de zonas marginadas. La tortilla puede ser usada como vehículo para cubrir las deficiencias de estos micronutrientes.

En este trabajo se prepararon almidones de maíz modificados química y físicamente, y fueron empleados como agentes encapsulantes de hierro y ácido fólico. Estos materiales encapsulados fueron adicionados a la masa y harina de tortilla de maíz, y presentaron buena estabilidad sin modificar las características funcionales y sensoriales de la tortilla (Figura 8) (Martínez-Monterrosas, 2010).

### **Desarrollos tecnológicos y proceso de extrusión**

Con el objetivo de reducir los tiempos de nixtamalización, así como de eliminar la generación de efluentes contaminantes y reducir las pérdidas de sólidos solubles y fragmentos del grano durante el lavado del nixtamal, se construyó un equipo que en una sola etapa lleva a cabo un proceso rápido y ecológico para transformar los granos integrales de maíz molido en masa, que puede ser deshidratada para la obtención de harinas nixtamalizadas (Figura 9).

El método descrito implica un pre-quebrado del grano, acondicionamiento de las fracciones obtenidas con agua y cal, así como su procesamiento en el extrusor, secado y molienda. Las ventajas del método pueden ser resumidas a continuación: a) aprovechamiento del grano integral; b) procesamiento rápido y continuo sin generación de efluentes; c) pequeños espacios de procesamiento y reducida mano de obra; d) obtención de masa y harinas para elaborar tortillas con excelentes propiedades de textura y sensoriales.

El proceso de extrusión aplicado para el proceso de nixtamalización, consiste en forzar mediante un tornillo sin fin dentro de un barril, una suspensión de harina de maíz integral, agua y cal, a través de un dado, mediante la acción de temperatura y cizalla. El tiempo total del procesamiento de granos de maíz molido en masa se sitúa entre 1.5 y 7 minutos.

Este equipo consta de una tolva de alimentación que recibe y mezcla la harina de maíz, cal y agua preparada, previamente macerada (0.3% de cal con relación al peso de la harina); un barril enchaquetado con resistencias eléctricas calentadas y dentro, un tornillo sin fin transportador para proporcionar un corte moderado al material y una relación de baja compresión; un dado o matriz colocado al final del tornillo sin fin transportador para descargar la masa y al mismo tiempo, para proveer una contrapresión al tornillo sin fin, con el propósito de mantener el grado deseado de compresión dentro del extrusor.

El contenido de proteína de las tortillas obtenidas por el proceso de extrusión (8.50%), fue mayor con relación al de las tortillas de nixtamal (8.15%). También el uso del grano integral durante la extrusión, incrementó el contenido de fibra en tortillas (14.52%) con relación a las tortillas de nixtamal (7.39%); y la relación de eficiencia proteica (PER), fue significativamente mayor (14.65%) ( $p \leq 0.05$ ) con relación a las tortillas de nixtamal.

La disminución de los niveles de proteína, triptófano, lisina y vitaminas en las tortillas tradicionales de nixtamal, es atribuida a la remoción del pericarpio, capas de aleurona y otras partículas solubles durante el lavado usando el proceso tradicional. Los contenidos de Ca, Mg P y calidad proteica de las harinas extrudidas, resultaron más fuertes en fémures de ratas alimentadas con dietas de tortillas elaboradas con estas harinas (Martínez-Bustos y col. 2011).

### **Nixtamalización fraccionada**

En este proceso se diseñó y fabricó una máquina para separar eficientemente los principales componentes del grano de maíz (pericarpio, germen, endospermo y pedicelo) (San-Martín Martínez y Martínez-Bustos, 2009). Las fracciones de pericarpio pueden ser maceradas con agua a temperatura ambiente o calentadas, en ambos casos, con cal y agua, y la fracción constituida de germen-endospermo se hidrata con agua.

Las fracciones obtenidas se muelen y posteriormente se mezclan para obtener masa. Además de economizar tiempo, no se generan pérdidas del grano como es el caso del método tradicional y tampoco se genera líquido de cocimiento (nexayote). Se conservaron las características reológicas y de calidad de las tortillas, similares a las preparadas mediante el método tradicional (Martínez-Montes y col. 2001).

## Proceso de microondas

El calentamiento de materiales alimenticios por microondas es causado por la fricción molecular de dipolos eléctricos, sometidos a un campo eléctrico oscilante de frecuencia específica. La alta absorción de la energía de microondas por las moléculas de agua, que son los más abundantes componentes dipolo de alimentos y otros (sales, grasas, proteínas), también actúan como componentes dieléctricos, resultando en el calentamiento del producto.

El objetivo fue producir harina de maíz nixtamalizado mediante el empleo de energía de microondas y evaluar las propiedades de las harinas, así como de las tortillas obtenidas con estas harinas. Se prepararon muestras de maíz integral, maíz molido en partículas gruesas y maíz descascarado, mezclado con agua y cal, y se cocieron en un horno de microondas comercial. Las tortillas obtenidas son de buena calidad, comparables con las obtenidas usando el proceso tradicional. Las ventajas del proceso es que se usan tiempos más cortos y no es necesario lavar los granos después de nixtamalizarlos. El proceso está basado en la mayor penetración de las microondas durante el calentamiento, lo que acelera la nixtamalización (Martínez-Bustos y col. 2000).

## Molienda de alta energía

Este proceso desarrollado implica el procesamiento de harina de maíz integral acondicionada con agua (16%) y cal (0.5%) y posterior procesamiento en un molino de alta energía o un molino de bolas, que genera energía calorífica a través de cizallamiento entre la harina acondicionada con agua y con las bolas usadas, así como con las paredes del compartimiento. Esto permite generar los cambios apropiados para la obtención de una harina nixtamalizada. El molino posee un vial o contenedor cilíndrico (de nylamid o acero inoxidable), conteniendo la muestra y las bolas de acero inoxidable para molienda, girando intensamente con movimientos oscilatorios combinados con los movimientos laterales al final del vial. Con cada balance del vial, las bolas impactan contra la muestra y el vial, moliendo y mezclando la muestra.

Con una velocidad aproximada de 1200 rpm del movimiento de la abrazadera, las velocidades de las bolas son altas (en el orden de 5 m / s) y por consiguiente, la fuerza de impacto de las bolas es extraordinariamente grande. Las ventajas del método son resumidas a continuación: a) aprovechamiento del grano integral; b) procesamiento rápido y continuo sin generación de efluentes, usando molinos de alta energía en cualquiera de sus variantes; c) pequeños espacios de procesamiento y reducida mano de obra; d) obtención de harinas para elaborar tortillas de excelentes propiedades de textura y sensoriales. Este proceso es escalable a grandes volúmenes de producción y aplicable a pequeñas, medianas y grandes empresas productoras de harinas instantáneas para producción de tortillas y derivados (Martínez-Bustos 2011).

## Cocimiento de tortillas de maíz

Las máquinas tortilladoras requieren un mejor diseño para la fase del cocimiento de las tortillas. Fueron desarrolladas dos formas alternativas al cocimiento actual que usa gas como combustible.

### Radiación infrarroja

Este proceso es efectuado con un tiempo de cocción considerablemente reducido, mediante la aplicación de ondas de radiación infrarroja simultánea en ambos lados de la tortilla cruda, para cocer rápidamente en forma homogénea ambas superficies y formar las capas que conservan un alto nivel de humedad dentro del producto alimenticio, sin deshidratarlas excesivamente. La generación de la radiación infrarroja se sitúa dentro de un rango de longitud de onda que varía de 1.5 a 4 micrómetros que se irradian dentro de un espacio de cocimiento para la tortilla de maíz cruda, y el transporte de los discos de tortillas de maíz crudas, a través del espacio de cocimiento a una velocidad predeterminada, para producir el grado deseado de cocimiento de los discos de tortillas de maíz crudas.

En la Figura 10 se muestran algunos componentes importantes del equipo: una fuente de corriente alterna (1) conectado a un controlador de emisión de longitud de onda IR con un arreglo (2), localizados en la parte superior e inferior del transportador (3). Las tortillas crudas previamente formadas en una máquina integrada a este sistema, alimentan la banda transportadora (4) en un extremo que pasa por la zona de calentamiento de IR, entre dos órdenes de emisores de IR que calientan rápidamente las dos caras de la tortilla que infla a su paso por la banda (5), para formar la capa superior de la tortilla y finalmente la formación de la capa de la parte inferior, cuando el producto es cocido perfectamente y transportado por la correa en el lado opuesto del equipo (González-Hernández y col. 1996).

### Ondas de radio de baja frecuencia

Las ondas de radiofrecuencia son aplicadas por una antena formada por dos órdenes paralelos de

electrodos, uno en cada lado de la tortilla. Las órdenes de electrodos están constituidas por electrodos alternos de polaridad opuesta, para constituir los dipolos que irradian las ondas de la radiofrecuencia en forma paralela a ambos lados de la tortilla. La selección de banda de frecuencia particular, se basa en la medición de las características dieléctricas de la masa. El equipo incluye básicamente una banda transportadora, conducida por una pluralidad de rodillos, una antena generalmente diseñada que abarca una configuración especialmente arreglada electrodo dipolo, un transformador acoplado a una fuente de radiofrecuencia (1) y un generador de energía de radiofrecuencia (2) (Figura 11).

Las conexiones de alambre entre el generador de la energía de radiofrecuencia y el transformador, son de cables coaxiales para nivelar las impedancias y evitar cualquier interferencia de radiofrecuencia. Finalmente, los discos de masa cruda pasan por una zona de cocimiento (3), en donde un nivel conveniente de energía muy baja se aplica a las tortillas por un tiempo suficiente para cocerlas. La Figura 12 muestra la máquina integrada para procesar harina de maíz en tortillas. La harina de maíz integral acondicionada con cal y agua, es nixtamalizada aplicando el proceso de extrusión; la masa obtenida es formateada mediante un dispositivo diseñado para este fin y las tortillas son cocidas usando radiación infrarroja o energía de baja frecuencia (Martínez-Montes y col.1996).

## Conclusiones

La producción de tortillas constituyó la principal ocupación de las mujeres mexicanas a lo largo de milenios. Una mujer europea de una cultura triguera, necesita emplear unas tres o cuatro horas a la semana para fabricar el pan necesario para su familia, mientras una mujer mexicana necesita en promedio de 15 horas para producir tortillas.

Los objetivos del Programa Modernización Industria de la Tortilla (Mi Tortilla) del Gobierno Federal, son los de contar con una industria moderna y ordenada, aumentar la rentabilidad de las tortillerías reduciendo sus costos de producción mediante la adopción de nuevas tecnologías en las diferentes etapas de la cadena, ofrecer un producto de mayor calidad, higiene y nutrición con precios competitivos, principalmente a aquellos que más lo necesitan, reducir la emisión de contaminantes, así como el consumo de energía, gas y agua. Los trabajos desarrollados dan respuesta a estas prioridades.

**Contacto con los autores: [fmartinezqro@cinvestav.mx](mailto:fmartinezqro@cinvestav.mx), [fsanchez@fis.cinvestav.mx](mailto:fsanchez@fis.cinvestav.mx)**

## Referencias bibliográficas

1. Bicentenario de la Independencia. Centenario de la Revolución. 200 años de ciudadanía en México. Fundación Este País (2008).
2. González-Hernández, J. Martínez-Montes, J.L., Sánchez-Sinencio, F. Martínez-Bustos, F. Figueroa-Cárdenas J.D., and Ruiz-Torres, M. *Method of cooking corn dough tortillas using infrared radiation. United States Patent 5,567, 459*, October 22, 1996.
3. Martínez-Bustos F., Martínez-Flores H.E., San-Martín-Martínez E., Sánchez-Sinencio F., Chang Y.K., Barrera-Arellano D., and Rios E. Effect of the components of maize on the quality of masa and tortillas during the traditional nixtamalisation process. *Journal of the Science of Food and Agriculture 81*, pp.1455-1462. 2001.
4. Martínez-Bustos F. y Vázquez-Durán A.G. Efecto del hidróxido de calcio en geles de almidones de maíces normal y ceroso, almacenados a temperatura ambiente y a 4°C. *Memorias del Primer Congreso Nacional de nixtamalización, Qro. México*, Octubre 2004.
5. Martínez-Monterrosas M. Utilización de la tortilla como vehículo para aumentar la ingestión de hierro mediante la microencapsulación de micronutrientes. *Tesis de Licenciatura en proceso. Escuela de Nutrición UAQ*. 2011.
6. Martínez-Bustos F. Método rápido y ecológico para obtención de masa fresca y harinas de masa deshidratada de maíz para tortillas y derivados usando el proceso de extrusión (Patente en trámite 2011).
7. Martínez-Montes J.L., Sánchez-Sinencio F., Ruiz-Torres M. and Martínez-Bustos F. *Selective nixtamalization process for the production of fresh whole corn masa, nixtamalized corn flour and derived products. United States Patent 6,265,013*, July 24, 2001.
8. Martínez-Bustos F., García M.N., Chang Y.K., Sánchez-Sinencio and Figueroa, C.J.D. Characteristics of nixtamalized maize flours produced with the use of microwave heating during alkaline cooking. *J Sci Food Agric 80:651-656* (2000).
9. Martínez-Bustos F. *Desarrollo de un método rápido y ecológico utilizando molienda de alta energía para obtención de harinas nixtamalizadas de maíz para tortillas y derivados*. Patente en trámite, SECOFI 2011.
10. Martínez-Montes J.L., González-Hernández J., Sánchez-Sinencio F. Figueroa-Cárdenas J.D., Martínez-Bustos F. and Ruiz-Torres M. *Method for cooking tortillas using very low and low frequency radio waves*. United States Patent 5,553,532, September 10, 1996.
11. Poniatowska E. *La Adelita*, Ediciones Tecolote. México 2006.

12. San-Martín Martínez Eduardo y Martínez-Bustos F. *Máquina descascaradora de granos*. Patente SECOFI 2009.
13. SEGOB. 1992. Secretaría de Gobernación. Instituto Nacional de Estudios Históricos de las Revoluciones de México. Revolucionarios fueron todos: ellos y ellas. *Las mujeres en la Revolución Mexicana*.

---

Article printed from Avance y Perspectiva: <http://avanceyperspectiva.cinvestav.mx>

URL to article: <http://avanceyperspectiva.cinvestav.mx/4579/la-tortilla-riqueza-de-un-alimento-ancestral>

URLs in this post:

[1] Image: <http://avanceyperspectiva.cinvestav.mx/wp-content/uploads/2014/04/tortilla.png>

Copyright © 2014 Avance y Perspectiva. All rights reserved.